



بررسی میزان تحمل به خشکی لاین‌های برنج امیدبخش موتانت با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی

محمدطاهر حلاجیان^{۱*}، علی اکبر عبادی^۲، محمد محمدی^۲

^۱ پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، صندوق پستی: ۳۱۴۶۵/۱۴۹۸، کرج، ایران
^۲ گروه زراعت و اصلاح نباتات، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، صندوق پستی: ۱۶۵۸، رشت، ایران

چکیده:

یکی از راهکارهای موجود برای تعیین میزان تحمل و حساسیت ارقام و لاین‌ها نسبت به شرایط تنش، استفاده از شاخص‌های تحمل و حساسیت است. بدین منظور، ۱۴ لاین موتانت حاصل از موتاسیون ارقام هاشمی، طارم محلی و خزر به همراه ۴ رقم شاهد (هاشمی، طارم محلی، خزر و گیلانه) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در دو شرایط تنش خشکی و نرمال در مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، استان گیلان در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ مورد بررسی قرار گرفتند. در طول دوره رشد و پس از برداشت محصول، عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر روی ۵ بوته در هر کرت که به طور تصادفی انتخاب شدند، ارزیابی شدند. سپس، میزان تحمل لاین‌های امیدبخش موتانت با استفاده از ۱۷ شاخص مقاومت به تنش خشکی جهت انتخاب متحمل‌ترین لاین‌های متحمل به خشکی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج آنالیز میزان تحمل ژنوتیپ‌های مورد مطالعه با استفاده از ۱۷ شاخص مقاومت به تنش خشکی و نتایج تجزیه بای پلات بر اساس این شاخص‌ها در دو سال، لاین‌های امیدبخش با شماره‌های ۵، ۷ و ۱۲ به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌های مورد بررسی و بهترین لاین‌های امیدبخش برای استفاده در طرح‌های تحقیقی ترویجی جهت فرآیند معرفی رقم انتخاب شدند.

کلیدواژه‌ها: برنج، تنش خشکی، شاخص‌های تحمل به خشکی، لاین‌های امیدبخش موتانت، بای پلات.

Evaluation of drought tolerance level of drought-tolerant mutant promising rice lines using drought tolerance indices

Mohammad Taher Hallajian^{1*}, Ali Akbar Ebadi², Mohammad Mohammadi³

¹Nuclear Agriculture Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, P.O.BOX: 31465/1498, Karaj, Iran.

²Plant Breeding Department, Rice Research Institute, P.O.BOX: 1658, Rasht, Iran.

Abstract:

One of the present approaches for determination of tolerance and sensitivity level of cultivars and lines to stress condition is using of tolerance and sensitivity indexes. In order to this, 14 mutant rice lines resulting from mutation of cultivars Hashemi, Tarom Mahalli and Khazar with 4 control cultivars (Hashemi, Tarom Mahalli, Khazar and Gilaneh) were evaluated in a four-replicated randomized complete block design in two drought stress and normal conditions in Rice Research Institute of Iran, Rasht, Guilan Province, during 1394 and 1395. During growth period and after harvesting, yield and yield components of studied genotypes on randomly selected 5 plants per plot were evaluated. Then, tolerance level of mutant promising lines was investigated using 17 drought tolerance indices in order to select the most drought tolerant lines. According to analysis results of tolerance level of studied genotypes using 17 drought tolerance indices and biplot analysis results on these indices during two years, promising lines 12 and 5 were selected as the most tolerant genotypes and the best promising lines for using in extension and research projects for cultivar introduction process.

Keywords: Rice, Drought stress, Drought tolerance indices, Mutant promising lines, Biplot.

Email: mthallajian@aeoi.org.ir

۱. مقدمه

سالیانه تقریباً ۳۵ تا ۷۰ درصد از کالری مورد نیاز سه میلیارد نفر از جمعیت دنیا از طریق برنج تأمین می‌شود. در بین غلات، در ایران برنج جایگاه ویژه‌ای دارد، بطوری که قسمت اعظم غذای مردم ایران، بخصوص استان‌های گیلان و مازندران را به خود اختصاص می‌دهد. در حال حاضر استفاده از ارقام محلی رایج علی‌رغم داشتن کیفیت پخت و خوراک مطلوب به دلیل دارا بودن پتانسیل عملکرد پائین، حساسیت به آفات، بیماری‌ها و خرابی‌ها و خرابی‌ها و هم‌چنین استفاده از ارقام اصلاح شده موجود علی‌رغم دارا بودن عملکرد بالا و مقاومت به بیماری بلاست، به دلیل ضعف خصوصیات کیفی برای دستیابی به تولید برنج با کیفیت مطلوب و در حد خودکفایی امکان‌پذیر نمی‌باشد. از طرفی، با گرم شدن هوا و تغییر اقلیم در خوشبینانه‌ترین شرایط و ثابت بودن منابع آب، نیاز به آب در بخش کشاورزی به شدت افزایش خواهد یافت. هم‌چنین با توجه به وقوع خشکسالی در سال‌های اخیر در کشور که پیامد آن به صورت کاهش ذخایر آبی پشت سدها برای تأمین آب مورد نیاز برنج در استان‌های شمالی کشور است، این استان‌ها نیز از اثرات سوء کمبود آب برای زراعت برنج مصون نیستند. بر طبق برآوردها ۵۰ درصد از تولید جهانی برنج تحت‌تأثیر خشکی قرار می‌گیرد [۱]. با توجه به این که احتمال وقوع تنش خشکی در مرحله زایشی در مقایسه با مرحله رویشی بیشتر است و تنش خشکی به‌ویژه در مرحله زایشی تأثیر بیشتری بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد دارد، به‌طور معمول در ارزیابی ژنوتیپ‌های برنج، تنش خشکی در انتهای فصل اعمال می‌شود [۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷]. از طرفی، یک برنامه اصلاحی موفق جهت تحقق هدف اصلاح واریته‌های برنج با عملکرد بالا و ریزمغذی‌های بهبود یافته حتی تحت شرایط آب و هوایی نامساعد، به تنوع ژنتیکی گیاه زراعی وابسته می‌باشد [۸]. یکی از ابزارهای کارا برای ایجاد تنوع ژنتیکی کافی و تولید ارقام زراعی جدید با صفات کیفی و کمی برتر، موتاسیون بریدینگ (اصلاح به روش جهش) به‌ویژه از طریق پرتوتابی گاماست. از معروف‌ترین ارقام جهش یافته برنج تولید شده می‌توان به Basmati 370 اشاره کرد [۹]. یکی از راهکارهای موجود برای تعیین میزان تحمل و حساسیت ارقام و لاین‌ها نسبت به شرایط تنش، استفاده از شاخص‌های تحمل و حساسیت است [۱۰]. تا کنون شاخص‌های مختلفی معرفی شده است که برای بررسی میزان تحمل ژنوتیپ‌ها و چگونگی واکنش آنها در تنش‌های گوناگون به کار می‌رود. از مهم‌ترین شاخص‌های مورد استفاده در این زمینه می‌توان به شاخص حساسیت به تنش فیشر و مائورر (SSI)، شاخص تحمل به تنش فرناندز (STI)، شاخص تحمل روزیله و هامبلین (TOL)، میانگین حسابی تولید روزیله و هامبلین (MP)، میانگین هندسی صفات در دو محیط (GMP) و میانگین هارمونیک (HM) اشاره کرد [۱۰، ۱۱ و ۱۲]. ژنوتیپ‌های مختلف یک گیاه را بر مبنای واکنش به شرایط محیطی بدون تنش و دارای تنش، می‌توان در چهار گروه A، B، C و D تفکیک کرد. ژنوتیپ‌های گروه A ژنوتیپ‌هایی هستند که در محیط بدون تنش و دارای تنش، عملکرد بالایی را از خود نشان می‌دهند. گروه B عملکرد بالایی در شرایط محیطی بدون تنش و گروه C عملکرد مطلوبی در شرایط تنش دارند. گروه D نیز شامل ژنوتیپ‌هایی است که در هر دو شرایط محیطی عملکرد پائینی را بروز می‌دهند. بنابراین بهترین شاخص برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها، شاخصی است که قادر به تفکیک گروه A از گروه‌های دیگر، مخصوصاً گروه C باشد [۱۰]. هدف از انجام این تحقیق، ارزیابی میزان تحمل به خشکی لاین‌های امیدبخش موتانت جدید برنج با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی جهت معرفی تعداد معدودی لاین امیدبخش برای استفاده در طرح‌های تحقیقی ترویجی بود.

۲. روش کار

مواد گیاهی مورد استفاده در این آزمایش شامل ۱۴ لاین موتانت حاصل از موتاسیون ارقام هاشمی، طارم محلی و خزر به همراه ۴ رقم والدی و شاهد (هاشمی، طارم محلی، خزر و گیلانه) بودند. این لاین‌های موتانت، در سال ۱۳۸۸، از پرتوتابی گاما و موتاسیون بذور این ارقام در گاماسل پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای ایجاد شدند. پس از ۵ سال بررسی هزاران گیاه موتانت در شرایط تنش خشکی در شالیزارهای تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشور، نهایتاً ۱۴ لاین موتانت متحمل به خشکی انتخاب شدند [۱۳]. لاین‌های موتانت مورد استفاده در این تحقیق بر اساس خصوصیات نظیر تیپ بوته، ارتفاع بوته، زودرسی، تعداد خوشه بارور، تعداد دانه پر در خوشه، شکل دانه و میزان تحمل به خشکی انتخاب گردیدند. این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در دو شرایط تنش خشکی و نرمال در مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، استان گیلان طی دو سال زراعی (۹۵-۱۳۹۴) انجام شد. در طول دوره رشد و پس از برداشت محصول، عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر روی ۵ بوته در هر کرت که به طور تصادفی انتخاب شدند، ارزیابی شدند. سپس، میزان تحمل لاین‌های امیدبخش انتخابی با استفاده از ۱۷ شاخص مقاومت به تنش خشکی جهت انتخاب متحمل‌ترین لاین‌های متحمل به خشکی برای فرآیند معرفی رقم مورد بررسی قرار گرفت.



۳. نتیجه گیری

بررسی میزان تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه با استفاده از شاخص‌های مقاومت به خشکی

در این تحقیق، ۱۷ شاخص مختلف که عموماً جهت تشخیص مقاومت به تنش خشکی بکار می‌روند، محاسبه گردیدند. لازم به ذکر است که شدت تنش (SI) در رشت در سال ۱۳۹۴ بر اساس فرمول فیشر و مائورر [۱۲] معادل ۰/۵۲ و در سال ۱۳۹۵ معادل ۰/۴۸ بود (جداول ۱ و ۲).

جدول ۱- شاخص‌های مقاومت به خشکی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و عملکرد آن‌ها در دو شرایط نرمال و تنش خشکی در رشت - سال ۱۳۹۴

SNPI	SSPI	ATI	RDI	HARM	MSTI	YI	HMP	GMP	STI	MP	TOL	SSI	PEV	YSI	YP	YS*	نام اختصاری ژنوتیپ	شماره ژنوتیپ
۴۳۱۷/۹۸	۲۵/۳۲	۳۹۶۰۵۹۸/۰۱	۱/۱۰	۳۲۷۶/۱۴	۰/۸۰	۱/۱۷	۳۲۷۶/۱۴	۳۵۵۴/۹۶	۰/۵۹	۳۷۴۳/۲۵	۲۳۴۴/۵۰	۰/۹۹	۰/۴۸	۰/۵۲	۴۹۱۵/۵۰	۲۵۷۱/۰۰	TM-230-VE-7-5-1	۱
۳۹۱۶/۶۷	۲۴/۳۴	۳۵۰۹۳۵۸/۹۴	۱/۰۷	۳۰۹۸/۶۶	۰/۵۷	۱/۰۶	۳۰۹۸/۶۶	۳۲۷۶/۷۷	۰/۵۰	۳۴۶۵/۱۳	۲۲۵۳/۷۵	۱/۰۲	۰/۴۹	۰/۵۱	۴۵۹۲/۰۰	۲۳۳۸/۲۵	TM-230-VE-8-4-1	۲
۳۸۲۳/۲۳	۲۸/۵۴	۴۲۳۶۴۸/۱۸	۰/۹۸	۳۱۴۰/۴۶	۰/۵۸	۱/۰۵	۳۱۴۰/۴۶	۳۳۷۲/۹۴	۰/۵۳	۳۶۲۲/۶۳	۲۶۴۳/۲۵	۱/۱۱	۰/۵۳	۰/۴۷	۴۹۴۴/۲۵	۲۳۰۱/۰۰	TM-250-10-7-1	۳
۴۸۰۷/۰۷	۲۴/۷۶	۴۱۵۸۵۷۷/۷۴	۱/۱۶	۳۶۵۴/۶۷	۱/۱۳	۱/۲۹	۳۶۵۴/۶۷	۳۸۱۶/۰۸	۰/۶۸	۳۹۸۴/۶۳	۲۲۹۳/۲۵	۰/۹۳	۰/۴۵	۰/۵۵	۵۱۳۱/۲۵	۲۸۳۸/۰۰	TM-B-2-1-E	۴
۵۸۶۷/۱۱	۲۲/۳۵	۴۲۰۹۵۰۶/۰۹	۱/۳۰	۴۱۶۰/۶۱	۲/۰۰	۱/۵۳	۴۱۶۰/۶۱	۴۲۸۰/۴۶	۰/۸۵	۴۴۰۳/۷۵	۲۰۶۹/۵۰	۰/۷۹	۰/۳۸	۰/۶۲	۵۳۳۸/۵۰	۳۳۶۹/۰۰	TM-B-7-1	۵
۳۸۲۶/۴۱	۲۲/۷۱	۳۱۵۶۵۰۱/۱۲	۱/۰۹	۲۹۹۶/۸۷	۰/۵۰	۱/۰۴	۲۹۹۶/۸۷	۳۱۵۸/۵۷	۰/۴۷	۳۳۲۹/۰۰	۲۱۰۳/۰۰	۱/۰۰	۰/۴۸	۰/۵۲	۴۳۸۰/۵۰	۲۲۷۷/۵۰	TM-B-19-2	۶
۵۱۶۰/۲۸	۱۷/۰۸	۲۷۱۷۶۸۱/۱۷	۱/۳۶	۳۵۳۲/۱۳	۱/۰۷	۱/۳۲	۳۵۳۲/۱۳	۳۶۱۵/۶۴	۰/۶۱	۳۷۰۱/۱۳	۱۵۸۱/۷۵	۰/۷۳	۰/۳۵	۰/۶۵	۴۴۹۲/۰۰	۲۹۱۰/۲۵	HM-250-E-1-1	۷
۳۹۴۸/۹۷	۲۴/۶۸	۳۵۹۴۳۵۴/۵۲	۱/۰۷	۳۱۲۸/۲۸	۰/۵۹	۱/۰۷	۳۱۲۵/۲۸	۳۳۰۹/۵۱	۰/۵۱	۳۵۰۱/۲۵	۲۲۸۵/۵۰	۱/۰۲	۰/۴۹	۰/۵۱	۴۶۴۴/۰۰	۲۳۵۸/۵۰	HM-250-E-3-2	۸
۳۷۲۶/۰۳	۲۲/۵۲	۳۵۹۹۵۴۹/۶۰	۱/۰۲	۳۰۰۷/۴۱	۰/۴۹	۱/۰۲	۳۰۰۷/۴۱	۳۲۰۵/۲۶	۰/۴۸	۳۴۱۶/۱۳	۲۳۶۳/۲۵	۱/۰۷	۰/۵۱	۰/۴۹	۴۵۹۷/۷۵	۲۲۳۴/۵۰	HM-250-6-6	۹
۳۸۲۳/۲۳	۲۸/۶۸	۴۲۷۱۵۵۴/۲۶	۰/۹۸	۳۱۵۰/۱۷	۰/۵۹	۱/۰۵	۳۱۵۰/۱۷	۳۳۸۴/۰۹	۰/۵۳	۳۶۳۵/۳۸	۲۶۵۶/۲۵	۱/۱۱	۰/۵۴	۰/۴۶	۴۹۶۳/۵۰	۲۳۰۷/۲۵	HM-250-7-6	۱۰
۳۷۳۰/۵۶	۲۰/۵۰	۲۷۱۶۸۱۱/۴۱	۱/۱۳	۲۸۷۲/۱۲	۰/۴۳	۱/۰۰	۲۸۷۲/۱۲	۳۰۱۱/۴۳	۰/۴۲	۳۱۵۷/۵۰	۱۸۹۸/۵۰	۰/۹۶	۰/۴۶	۰/۵۴	۴۱۰۶/۷۵	۲۲۰۸/۲۵	HM-250-12-1	۱۱
۵۵۲۸/۹۴	۲۹/۱۲	۵۶۶۶۸۹۴/۵۵	۱/۱۵	۴۲۲۹/۳۸	۲/۰۲	۱/۴۹	۴۲۲۹/۳۸	۴۴۲۱/۶۹	۰/۹۱	۴۶۲۲/۷۵	۲۶۹۷/۰۰	۰/۹۴	۰/۴۵	۰/۵۵	۵۹۷۱/۲۵	۳۲۷۴/۲۵	HM-300-3-1	۱۲
۳۴۳۷/۱۱	۲۳/۶۴	۳۰۷۷۵۰۲/۲۳	۱/۰۲	۲۷۷۴/۷۵	۰/۳۶	۰/۹۴	۲۷۷۴/۷۵	۲۹۵۸/۵۴	۰/۴۱	۳۱۵۴/۵۰	۲۱۸۹/۰۰	۱/۰۷	۰/۵۲	۰/۴۸	۴۲۴۹/۰۰	۲۰۶۰/۰۰	HM-300-5-1	۱۳
۱۳۷۲/۴۳	۳۷/۵۳	۲۹۰۱۳۱۹/۳۴	۰/۳۷	۱۲۴۸/۹۱	۰/۰۲	۰/۳۳	۱۲۴۸/۹۱	۱۷۵۶/۷۲	۰/۱۴	۲۴۷۱/۰۰	۳۴۷۵/۵۰	۱/۷۲	۰/۸۳	۰/۱۷	۴۲۰۸/۷۵	۷۳۳/۲۵	KM-200-4-2-E	۱۴
۱۷۴۷/۶۶	۳۳/۱۳	۲۹۳۷۴۲۴/۲۶	۰/۵۲	۱۶۰۳/۳۰	۰/۰۴	۰/۴۵	۱۶۰۳/۳۰	۲۰۱۴/۹۸	۰/۱۹	۲۵۳۲/۳۸	۳۰۶۷/۷۵	۱/۵۷	۰/۷۵	۰/۲۵	۴۰۶۶/۲۵	۹۹۸/۵۰	خزر	۱۵
۲۶۴۸/۷۳	۲۴/۷۵	۲۷۱۰۴۲۷/۴۰	۰/۸۶	۲۲۶۰/۳۹	۰/۱۵	۰/۷۲	۲۲۶۰/۳۹	۲۴۸۸/۵۶	۰/۲۹	۲۷۳۹/۷۵	۲۲۹۲/۰۰	۱/۲۳	۰/۵۹	۰/۴۱	۳۸۸۵/۷۵	۱۵۹۳/۷۵	هاشمی	۱۶
۲۷۲۷/۸۰	۲۲/۸۷	۲۴۹۹۸۲۸/۵۵	۰/۹۲	۲۲۸۴/۳۹	۰/۱۶	۰/۷۵	۲۲۸۴/۳۹	۲۴۸۳/۴۶	۰/۲۹	۲۶۹۹/۸۸	۲۱۱۸/۲۵	۱/۱۷	۰/۵۶	۰/۴۴	۳۷۵۹/۰۰	۱۶۴۰/۷۵	طارم	۱۷
۲۶۷۸/۵۹	۳۶/۷۸	۴۵۰۸۱۳/۳۹	۰/۶۷	۲۴۱۱/۹۳	۰/۱۹	۰/۷۲	۲۴۱۱/۹۳	۲۸۱۸/۰۸	۰/۳۷	۳۲۹۲/۶۳	۳۴۰۵/۷۵	۱/۴۲	۰/۶۸	۰/۳۲	۴۹۹۵/۵۰	۱۵۸۹/۷۵	گیلانه	۱۸

YS*: عملکرد هر ژنوتیپ تحت شرایط تنش خشکی، YP: عملکرد هر ژنوتیپ تحت شرایط بدون تنش، YSI: شاخص پایداری عملکرد، PEV: واریانس فنوتیپی، SSI: شاخص حساسیت به تنش، TOL: ضریب تحمل، MP: شاخص میانگین حساسی، STI: شاخص تحمل به تنش، GMP: شاخص میانگین هندسی، HMP: شاخص میانگین هارمونیک، YI: شاخص عملکرد، MSTI: تحمل به تنش تغییر یافته، HARM: میانگین هارمونیک، RDI: شاخص خشکی نسبی، ATI: شاخص تحمل غیرزیستی، SSPI: شاخص درصد حساسیت به تنش و SNPI: شاخص تولید در شرایط تنش و بدون تنش.



جدول ۲- شاخص‌های مقاومت به خشکی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و عملکرد آن‌ها در دو شرایط نرمال و تنش خشکی در رشت - سال ۱۳۹۵

شماره ژنوتیپ	نام اختصاری ژنوتیپ	YS*	YP	YSI	PEV	SSI	TOL	MP	STI	GMP	HMP	YI	MSTI	HARM	RDI	ATI	SSPI	SNPI
۱	TM-230-VE-7-5-1	۲۷۶۸/۵۰	۴۶۳۶/۰۰	۰/۶۰	۰/۴۰	۰/۷۷	۱۸۶۷/۵۰	۳۷۰۲/۲۵	۰/۵۸	۳۵۸۲/۵۶	۳۴۶۶/۷۵	۱/۱۳	۰/۹۹	۳۴۶۶/۷۵	۱/۱۵	۳۴۷۹۰۳۹/۴۳	۱۹/۸۳	۴۷۷۶/۶۸
۲	TM-230-VE-8-4-1	۲۸۸۰/۵۰	۴۶۷۹/۷۵	۰/۶۲	۰/۳۸	۰/۷۴	۱۷۹۹/۲۵	۳۷۸۰/۱۳	۰/۶۱	۳۶۷۱/۵۱	۳۵۶۶/۰۲	۱/۱۸	۱/۱۲	۳۵۶۶/۰۲	۱/۱۸	۳۴۳۵۱۱۷/۰۵	۱۹/۱۰	۵۰۱۳/۷۱
۳	TM-250-10-7-1	۲۵۱۶/۰۰	۴۲۵۳/۵۰	۵۹۰	۰/۴۱	۰/۷۹	۱۷۳۷/۵۰	۳۳۸۴/۷۵	۰/۴۸	۳۲۷۱/۳۶	۳۱۶۱/۷۷	۱/۰۳	۰/۶۸	۳۱۶۱/۷۷	۱/۱۴	۲۹۵۵۶۸۴/۷۶	۱۸/۴۵	۴۳۳۳/۷۵
۴	TM-B-2-1-E	۳۰۴۶/۰۰	۴۶۹۷/۲۵	۰/۶۵	۰/۳۵	۰/۶۵	۱۶۵۱/۲۵	۳۸۷۱/۶۳	۰/۶۵	۳۷۸۲/۵۷	۳۶۹۵/۵۶	۱/۲۴	۱/۳۳	۳۶۹۵/۵۶	۱/۲۵	۳۲۴۷۹۱۲/۹۵	۱۷/۵۳	۵۴۰۰/۵۳
۵	TM-B-7-1	۳۵۰۰/۲۵	۶۱۵۲/۲۵	۰/۵۷	۰/۴۳	۰/۵۷	۲۶۵۲/۰۰	۴۸۲۶/۲۵	۰/۹۷	۴۶۴۰/۵۲	۴۴۶۱/۹۳	۱/۴۳	۲/۶۵	۴۴۶۱/۹۳	۱/۰۹	۶۳۹۹۴۸۱/۷۱	۲۸/۱۶	۵۹۵۱/۶۶
۶	TM-B-19-2	۲۵۵۴/۰۰	۴۶۵۱/۰۰	۰/۵۵	۰/۴۵	۰/۸۷	۲۰۹۷/۰۰	۳۶۰۲/۵۰	۰/۵۴	۳۴۴۶/۵۴	۳۲۹۷/۳۴	۱/۰۴	۰/۷۸	۳۲۹۷/۳۴	۱/۰۶	۳۲۵۸۲۵۹/۸۹	۲۲/۲۷	۴۳۲۴/۶۲
۷	HM-250-E-1-1	۳۲۶۳/۷۵	۵۰۷۷/۲۵	۰/۶۴	۰/۳۶	۰/۶۴	۱۸۱۳/۵۰	۴۱۷۰/۵۰	۰/۷۵	۴۰۷۰/۷۳	۳۹۷۳/۳۵	۱/۳۳	۱/۷۷	۳۹۷۳/۳۵	۱/۲۴	۳۸۳۸۷۹۶/۰۵	۱۹/۲۶	۵۷۶۲/۳۸
۸	HM-250-E-3-2	۲۶۷۰/۲۵	۴۰۷۸/۷۵	۰/۶۵	۰/۳۵	۰/۶۶	۱۴۰۸/۵۰	۳۳۷۴/۵۰	۰/۴۹	۳۳۰۰/۱۹	۳۳۲۷/۵۲	۱/۰۹	۰/۷۸	۳۳۲۷/۵۲	۱/۲۶	۲۴۱۷۱۳۶/۱۸	۱۴/۹۶	۴۷۵۹/۴۶
۹	HM-250-6-6	۲۵۹۸/۲۵	۴۷۴۳/۵۰	۰/۵۵	۰/۴۵	۰/۸۷	۲۱۴۵/۲۵	۳۶۷۰/۸۸	۰/۵۶	۳۵۱۰/۶۷	۳۳۵۷/۴۶	۱/۰۶	۰/۸۳	۳۳۵۷/۴۶	۱/۰۵	۳۹۱۶۲۶۹/۷۱	۲۲/۷۸	۴۳۹۶/۷۱
۱۰	HM-250-7-6	۲۵۳۲/۰۰	۴۲۶۱/۷۵	۰/۵۹	۰/۴۱	۰/۵۹	۱۷۲۹/۷۵	۳۳۶۹/۸۸	۰/۴۹	۳۲۸۴/۹۳	۳۱۷۶/۶۷	۱/۰۳	۰/۶۹	۳۱۷۶/۶۷	۱/۱۴	۲۹۵۴۷۰۳/۷۱	۱۸/۳۷	۴۳۶۶/۲۸
۱۱	HM-250-12-1	۲۴۰۵/۷۵	۴۵۶۰/۷۵	۰/۵۳	۰/۴۷	۰/۹۱	۲۱۵۵/۰۰	۳۴۸۳/۲۵	۰/۴۹	۳۳۱۲/۴۰	۳۱۴۹/۹۴	۰/۹۸	۰/۶۴	۳۱۴۹/۹۴	۱/۰۱	۳۷۱۱۸۹۲/۷۴	۲۲/۸۸	۴۰۴۸/۲۲
۱۲	HM-300-3-1	۳۴۱۴/۷۵	۵۴۱۶/۷۵	۰/۶۳	۰/۳۷	۰/۶۳	۲۰۰۲/۰۰	۴۴۱۵/۷۵	۰/۸۳	۴۳۰۰/۸۰	۴۱۸۸/۸۳	۱/۳۹	۲/۱۶	۴۱۸۸/۸۳	۱/۲۱	۷۷۳۱۵/۴۴/۴۰	۲۱/۲۶	۵۹۸۲/۱۷
۱۳	HM-300-5-1	۲۲۵۹/۲۵	۴۸۱۲/۰۰	۰/۴۷	۰/۵۳	۰/۴۷	۲۵۵۲/۷۵	۳۵۳۵/۶۳	۰/۴۹	۳۲۹۷/۲۰	۳۰۷۴/۸۵	۰/۹۲	۰/۵۶	۳۰۷۴/۸۵	۰/۹۰	۴۳۷۶۸۱۳/۱۱	۲۷/۱۱	۳۷۵۶/۶۹
۱۴	KM-200-4-2-E	۱۲۱۴/۷۵	۴۳۷۶/۷۵	۰/۲۸	۰/۷۲	۰/۲۸	۳۱۶۲/۰۰	۲۷۹۵/۷۵	۰/۲۴	۲۳۰۵/۷۹	۲۳۰۵/۷۹	۱۹۰/۱۶۹	۰/۵۰	۱۹۰/۱۶۹	۰/۵۳	۳۷۹۱۲۸۰/۸۱	۳۳/۵۸	۲۰۸۴/۶۸
۱۵	خزر	۱۰۶۱/۷۵	۴۵۸۲/۰۰	۰/۲۳	۰/۷۷	۰/۲۳	۳۵۲۰/۲۵	۲۸۲۱/۸۸	۰/۲۲	۲۲۰۵/۶۶	۱۷۲۴/۰۱	۰/۴۳	۰/۰۵	۱۷۲۴/۰۱	۰/۴۵	۴۰۳۷۵۴۱/۰۱	۳۷/۳۸	۱۸۷۴/۸۷
۱۶	هاشمی	۱۷۴۷/۲۵	۴۴۰۶/۷۵	۰/۴۰	۰/۶۰	۰/۴۰	۲۶۵۹/۵۰	۳۰۷۷/۰۰	۰/۳۵	۲۷۷۴/۸۳	۲۵۰۲/۳۴	۰/۷۱	۰/۲۴	۲۵۰۲/۳۴	۰/۷۶	۳۸۲۷۴۳۹/۰۳	۲۸/۲۴	۲۹۰۲/۳۶
۱۷	طارم	۱۷۴۰/۰۰	۴۳۰۰/۰۰	۰/۴۰	۰/۶۰	۰/۴۰	۲۵۶۰/۰۰	۳۰۲۰/۰۰	۰/۳۴	۲۷۳۵/۳۲	۲۴۷۷/۷۸	۰/۷۱	۰/۲۳	۲۴۷۷/۷۸	۰/۷۸	۳۶۴۱۲۷۵/۸۴	۲۷/۱۸	۲۸۸۹/۵۵
۱۸	گیلانه	۱۹۰۲/۰۰	۵۰۷۳/۲۵	۰/۳۷	۰/۶۳	۰/۳۷	۳۱۷۱/۲۵	۳۴۸۷/۶۳	۰/۴۴	۳۱۰۶/۳۴	۲۷۶۶/۷۳	۰/۷۸	۰/۳۵	۲۷۶۶/۷۳	۰/۷۲	۵۱۲۲۵۱۹/۶۳	۳۳/۶۷	۳۱۶۲/۲۲

YS*: عملکرد هر ژنوتیپ تحت شرایط تنش خشکی، YP: عملکرد هر ژنوتیپ تحت شرایط بدون تنش، YSI: شاخص پایداری عملکرد، PEV: واریانس فنوتیپی، SSI: شاخص حساسیت به تنش، TOL: ضریب تحمل، MP: شاخص میانگین حسابی، STI: شاخص تحمل به تنش، GMP: شاخص میانگین هندسی، HMP: شاخص میانگین هارمونیک، YI: شاخص عملکرد، MSTI: تحمل به تنش تغییر یافته، HARM: میانگین هارمونیک، RDI: شاخص خشکی نسبی، ATI: شاخص تحمل غیرزیستی، SSPI: شاخص درصد حساسیت به تنش و SNPI: شاخص تولید در شرایط تنش و بدون تنش.

از نظر شاخص‌های مقاومت به خشکی، در رشت (سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵) بیشترین مقدار شاخص میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP)، میانگین هارمونیک (HM)، شاخص تحمل (STI)، شاخص خشکی نسبی (RDI) و کمترین مقدار شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI) و تحمل (TOL) به ترتیب متعلق به لاین‌های موتانت شماره ۱۲، ۵، ۴، ۱ و ۳ بود. همچنین، کمترین مقدار شاخص میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP)، میانگین هارمونیک (HM) و شاخص تحمل (STI) متعلق به لاین موتانت شماره ۱۴ (لاین موتانت خزر) و ارقام هاشمی، خزر و طارم محلی بود و بیشترین مقدار شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI) و تحمل (TOL) و کمترین مقدار شاخص‌های خشکی نسبی (RDI) نیز متعلق به لاین موتانت شماره ۱۴ و ارقام هاشمی، خزر و طارم بود (جداول ۱ و ۲). لازم به ذکر است که به دلیل وراثت‌پذیری پایین عملکرد، آن را نمی‌توان تنها معیار مقاومت به خشکی دانست و علاوه بر آن باید به شاخص‌های مقاومت به خشکی که در بالا ذکر شدند و نیز صفاتی نظیر عملکرد

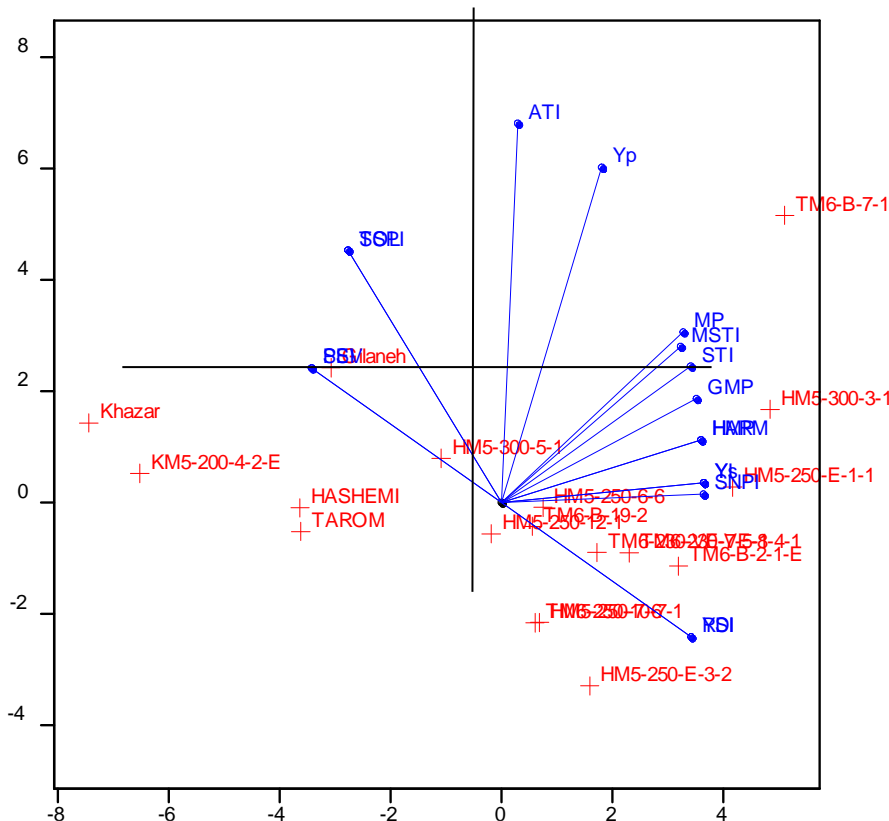
بیولوژیک، شاخص برداشت و محتوی آب نسبی برگ‌ها نیز توجه نمود. لازم به ذکر است که انتخاب بر اساس شاخص‌های SSI و TOL باعث گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایین در شرایط عادی ولی عملکرد بالا در شرایط تنش می‌گردد. پس عیب عمده‌ای که این شاخص دارد قادر به شناسایی گروه A (ژنوتیپ‌هایی که عملکرد خوبی در دو محیط تنش و بدون تنش دارند) از گروه C (ژنوتیپ‌هایی که فقط عملکرد خوبی در محیط تنش دارند) نیست [۱۴]. اما شاخص STI ژنوتیپ‌های گروه A را از گروه B (ژنوتیپ‌هایی که فقط عملکرد خوبی در محیط بدون تنش دارند) و C جدا می‌کند [۱۰]. شاخص GMP در مقایسه با شاخص MP قدرت بالاتری در تفکیک گروه A از سایر گروه‌ها دارد و بر همین اساس بود که فرناندز شاخص (STI) خود را بر اساس GMP بنا گذاشت [۱۰]. بنابراین، صرفاً پایین بودن مقادیر شاخص‌های SSI و TOL برای یک ژنوتیپ به منزله مناسب بودن آن جهت کشت در شرایط تنش یعنی بالا بودن میزان عملکرد آن در شرایط تنش نیست، زیرا ژنوتیپ‌هایی یافت می‌شوند که دارای حساسیت بسیار پایینی نسبت به خشکی می‌باشند، اما پتانسیل عملکرد پایینی نیز دارند [۱۵]. از مقایسه میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP) و شاخص تحمل به تنش (STI) ژنوتیپ‌ها مشخص گردید که انتخاب بر اساس این معیارها منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط می‌گردد. سایر محققین نیز این نتیجه را برای شاخص‌های مذکور گزارش کرده‌اند [۱۶ و ۱۷]. از نظر کلیه شاخص‌ها لاین‌های شماره ۱۲ و ۵ بهترین لاین‌ها شناخته شد. ارزیابی شاخص تحمل (TOL) برای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نیز نشان داد که معمولاً ژنوتیپ‌هایی که تحمل مطلوبی به تنش رطوبتی نشان دادند پتانسیل عملکرد بالایی نداشتند. بر اساس شاخص ATI، لاین‌های موتانت شماره ۱۲، ۵، ۴، ۳ و ۱ بیشترین مقدار را داشتند و به‌عنوان متحمل‌ترین ارقام شناسایی شدند. همچنین، بر این اساس، ارقام طارم محلی، خزر و هاشمی با دارا بودن کمترین مقدار ATI به‌عنوان حساس‌ترین ارقام شناسایی شدند. بر اساس شاخص SSPI، لاین موتانت شماره ۱۴ و ارقام خزر و گیلانه به‌عنوان

حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها انتخاب گردیدند و لاین‌های موتانت شماره ۷ و ۱۱ به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند. همچنین، بر اساس شاخص SNPI، لاین‌های موتانت شماره ۱۲، ۵، ۷ و ۴ به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها و در مقابل، لاین موتانت شماره ۱۴ و رقم خزر به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها انتخاب گردیدند.

تعیین ارقام متحمل به تنش خشکی با استفاده از روش بای پلات

در این تحقیق، در رشت در سال ۱۳۹۵ همچون سال ۱۳۹۴، تجزیه به مولفه‌های اصلی بر اساس ۱۷ شاخص مقاومت به خشکی و عملکرد دانه در دو شرایط تنش و بدون تنش نیز انجام شد. مولفه اصلی اول، ۷۷/۷۶ درصد و مولفه اصلی دوم ۲۱/۵۴ درصد از تنوع داده‌های اولیه را توجیه نموده و بدین ترتیب دو مولفه اصلی اول مجموعاً ۹۹/۳۰ درصد از کل تنوع را توصیف نمودند. در این تحقیق، مولفه اصلی اول ۷۷/۷۶ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد و همبستگی مثبت و بالایی با شاخص‌های MP، STI، GMP، HM، Y_p و Y_s داشت. به این ترتیب، می‌توان آن‌را به‌عنوان مؤلفه پتانسیل عملکرد و تحمل به تنش خشکی نام‌گذاری کرد. از آنجا که مقادیر بالای این شاخص‌ها مطلوب هستند و با توجه به همبستگی مثبت و بالای مولفه اصلی اول با این شاخص‌ها، اگر میزان مولفه اصلی اول بالا انتخاب شود، ژنوتیپ‌هایی انتخاب خواهند شد که دارای عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش هستند. همچنین، مولفه اصلی دوم ۲۱/۵۴ درصد از تغییرات موجود را به خود اختصاص داد و همبستگی مثبت و بالایی با شاخص RDI داشت و لذا می‌توان آن را به‌عنوان مولفه پاسخ به خشکی نامید. با توجه به این نکات، قسمت مطلوب بای پلات، ناحیه بالای سمت راست بای پلات می‌باشد که ژنوتیپ‌های برتر نیز در این قسمت قرار گرفته‌اند و همان‌طور که در شکل نیز دیده می‌شود لاین‌های موتانت شماره ۵ (TM6-B-7-1)، ۱۲ (HM5-300-3-1) و ۷ (HM5-250E-1-1) در این قسمت به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها قرار گرفته‌اند (شکل ۱).

Principal Component Biplot



شکل ۱- ترسیم گرافیکی بای پلات بر اساس مولفه‌های اول و دوم برای ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه در رشت -

سال ۱۳۹۵. Y_s : عملکرد هر ژنوتیپ تحت شرایط تنش خشکی، Y_p : عملکرد هر ژنوتیپ تحت شرایط بدون تنش، YSI : شاخص پایداری عملکرد، PEV : واریانس فنوتیپی، SSI : شاخص حساسیت به تنش، TOL : ضریب تحمل، MP : شاخص میانگین حسابی، STI : شاخص تحمل به تنش، GMP : شاخص میانگین هندسی، HMP : شاخص میانگین هارمونیک، YI : شاخص عملکرد، $MSTI$: تحمل به تنش تغییر یافته، $HARM$: میانگین هارمونیک، RDI : شاخص خشکی نسبی، ATI : شاخص تحمل غیرزیستی، $SSPI$: شاخص درصد حساسیت به تنش و $SNPI$: شاخص تولید در شرایط تنش و بدون تنش.

در مجموع، بر اساس نتایج بررسی میزان تحمل ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه با استفاده از ۱۷ شاخص مقاومت به تنش خشکی و نتایج تجزیه بای پلات بر اساس این شاخص‌ها در دو سال، سه لاین موتانت شماره ۵ (TM6-B-7-1)، ۱۲ (HM5-300-3-1) و ۷ (HM5-250E-1-1) به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌های مورد بررسی و بهترین لاین‌های امیدبخش برای استفاده در طرح‌های تحقیقی ترویجی جهت فرآیند معرفی رقم انتخاب شدند.

۶. مراجع

1. Mostajeran A. and Rahimi-Eichi V. (2009) Effects of drought stress on growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars and accumulation of proline and soluble sugars in sheath and blades of their different ages leaves. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 5: 264-272.
2. Mushtaq R., Katiyar S. and Bennett J. (2008). Proteomic analysis of drought stress-responsive proteins in rice endosperm affecting grain quality. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 11: 227-232.
3. Rabello A.R., Guimarães C.M., Rangel P.H., da Silva F.R., Seixas D., de Souza E., Brasileiro A.C., Spehar C.R., Ferreira M.E. and Mehta Â. (2008). Identification of drought-responsive genes in roots of upland rice (*Oryza sativa* L.). *BMC genomics*, 9(1), p.485.
4. Venuprasad R., Sta Cruz M.T., Amante M., Magbanua R., Kumar A. and Atlin G.N. (2008). Response to two cycles of divergent selection for grain yield under drought stress in four rice breeding populations. *Field Crops Research*, 107: 232-244.
5. Widodo W., Vu J. C.V., Boote K.J., Baker J.T., and Allen L.H. (2003). Elevated growth CO₂ delays drought stress and accelerates recovery of rice leaf photosynthesis. *Environmental and Experimental Botany*, 49: 259-272.
6. Kumar A., Bernier J., Verulkar S. and Lafitte H.R. (2008). Breeding for drought tolerance: Direct selection for yield, response to selection and use of drought-tolerant donors in upland and lowland-adapted populations. *Field Crops Research*, 107(3): 221-231. DOI: 10.1016/j.fcr.2008. 02.007.
7. Safaei Chaiekar S., Rabiei B., Samizadeh H. and Isfahani M. (2008). Evaluation of tolerance to terminal drought stress in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 9(4): 315-331. (In Persian)
8. Swamy M., Akhlaqur Rahman M., Asilo A., Amparado A., Manito Ch., Chadha-Mohanty P., Reinke R.F. and Slamet-Loedin I. (2016). Advances in breeding for high grain Zinc in Rice. *Rice*, 9(1). DOI: 10.1186/s12284-016-0122-5.
9. Awan M.A. (1991). Use of induced mutations for crop improvement in Pakistan. In: *Plant Mutation Breeding for Crop Improvement*. IAEA, Vienna, p. 67-72.
10. Fernandez G.C.J. (1992). Effective selection criteria for assessing stress tolerance. In: Kuo, C.G. (Ed.). *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress*. Tainan, Taiwan.
11. Rosielle A.A. and Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Science*, 21: 943-946. DOI: 10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x.
12. Fischer R.A. and Maurer R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29, 897-912.
13. Hallajian M.T. and Ebadi A.A. (2015). Development of drought-tolerant rice plants using mutation breeding and proteomics techniques. Final reports No. 46845. Rice Research Institute, Rasht. (In Persian)
14. Robin S., Pathan M.S., Courtois B., Lafitte R., Carandang S., Lanceras S., Amante M., Nguyen H.T. and Li Z. (2003). Mapping osmotic adjustment in an advanced back-cross inbred population of rice. *Theoretical and Applied Genetics*, 107: 1288-1296.
15. Souri J., Dehghani H. and Sabbaghpoor H. (2005). Study of chickpea genotypes in water stress condition. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 36(6): 1517-1527. (In Persian)
16. Nourmand F., Rostami M.A. and Ghannadha M.R. (1997). Evaluation of drought tolerance indices in bread wheat. *Iranian Journal of agriculture sciences*, 32: 795-805. (In Persian)
17. Quisenberry J.E. (1982). Breeding for drought resistance and plant water use efficiency. In: M.N. Christain, C.P. Lewis (Eds.), *Breeding Plants for Less Favorable Environments*, Wiley-Interscience, New York, USA.